Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 21, No. 4, Winter 2024, p. 419-433

Water Stress Alleviation in Triticale Using of Bio-fertilizer and Intercropping Systems in an Arid Area of Southern Iran

I. Rashidipour[1], V. Barati[2*]

1- MSc Student, Agro-Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
2- Assistant Professor of Agro-Ecology Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email: v.barati@shirazu.ac.ir)

Received: 19 April 2023 Revised: 16 July 2023 Accepted: 19 July 2023	**How to cite this article:** Rashidipour, I., & Barati, V. (2024). Water Stress Alleviation in Triticale Using of Bio-fertilizer and Intercropping Systems in an Arid Area of Southern Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research, 21*(4), 419-433. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82040.1239

Introduction

South of Iran has been located in the dry belt and desert strip thus water stress has always been one of the serious problems in its agriculture (Buzarjomehri *et al*., 2020). Intercropping is the cultivation of two or more plant species in a specific land and growing season, which is important in agricultural systems with limited resources and low input (Brooker *et al*., 2015). Due to the differences in the rooting depth, lateral expansion, and root density of cereals and legumes, they have been the best candidates for intercropping traditionally for limited soil water and nutrient availability environments (Babalola, 1980; Haynes, 1980). Application of bio-fertilizers (PGPR bacteria) that have nitrogen (N) fixation and phosphorus (P) solubilizing activity (*Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescence*, respectively) is a promising approach for obtaining N, P, and water-restricted areas (Tien *et al*, 1979; Barea, 2015). Organic manures enhance soil water holding capacity and serve as excellent slow-release sources of nitrogen (N) and phosphorus (P) in the soil (Risse *et al.*, 2006). This study aimed to investigate the effect of different fertilizer systems (chemical, integrated, and bio-organic) on triticale grain yield and its components in sole and intercropped triticale in triticale/chickpea system under late season water stress in a hot and dry area of southern Iran (Fars province - Darab)**.**

Materials and Methods

To evaluate the yield and yield components of triticale (× *Triticosecale* Wittmack) in monoculture and intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) under late season water stress conditions, a split-factorial experiment in a randomized complete block design with three replications was implemented at the research field of the College of Agriculture and Natural Resources of Darab - Shiraz University in 2019-2020 growing season. Treatments were two levels of irrigation (Ir): [1- normal (IR_N): irrigation based on the plant water requirement up to the physiological maturity stage (ZGS92) and 2- water stress (WS): irrigation based on the plant water requirement up to the milking stage] as the main plots and three fertilizer sources (F_S) [1- chemical: (50 kg P ha^{-1} + 150 kg N ha^{-1}), 2- integrated: (25 kg P ha^{-1} + 75 kg N ha^{-1} + 20 tons sheep manure ha^{-1} + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*) 3- bio-organic: 40 tons sheep manure ha^{-1} + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*] and two cropping systems (Cs) [1- monoculture of triticale, 2- intercropped triticale with chickpea (1:1)] as the sub-plots. Triticale grain yield and its components

https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82040.1239

were measured and the harvest index (%) was calculated. Data were analyzed using SAS 9.1 software and the means were separated by the least significant difference (LSD) test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results demonstrated that water stress reduced the grain yield and its components in triticale, with the extent of reduction varying among different treatments. In the Ir × Cs interaction, the Ws treatment reduced the triticale grain yield as compared to IR_N by 38% and 55 % in the intercropped and sole-triticale, respectively. The Ir × Fs interaction showed that the grain yield decreased by water stress as a function of the fertilizer system (60.4%, 43.7%, and 30.7% reduction in the chemical, integrated, and bio-organic treatments, respectively). Evaluation of the results related to the triticale yield components (grain weight, biological yield, and harvest index) also showed that the Ws treatment reduced these traits. However, the least reduction occurred in bio-organic fertilizer as compared with the other fertilizer systems (significant Ir × Fs interaction). Furthermore, the Ir × Cs interaction showed that the Ws treatment reduced triticale grain weight and its biological yield as compared to IR_N in both cropping systems with different manners. The least reduction of their traits by Ws treatment was showed in intercropped triticale as compared to its sole cropping.

Conclusion

Based on the results of this study, intercropped triticale with chickpea and using of bio-organic fertilizer were recommended for hot and dry areas of southern Iran where water stress may occur at the end of the growing seasons. Using these strategies leads to water stress alleviation and therefore less reduction of triticale grain yield in these environments.

Keywords: *Azospirillum*, *Pseudomonas*, Grain yield, Integrated fertilizer

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۱، شماره ٤، زمستان ۱٤۰۲، ص ٤۳۳-٤۱۹

کاهش اثرات تنش آبی در تریتیکاله با استفاده از سامانه‌های کود زیستی-آلی و کشت مخلوط در یک منطقه خشک از جنوب ایران

آیدا رشیدی پور[۱]، وحید براتی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack ×) در کشت خالص و کشت مخلوط با نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط تنش آبی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب- دانشگاه شیراز در سال زراعی ۱۳۹۹ـ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارها در دو سطح آبیاری [۱- مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله‌ی شیری] به‌عنوان عامل اصلی و سه منبع کودی [۱- شیمیایی: (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار + ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار)، ۲- زیستی-آلی: (کود گوسفندی ۴۰ تن بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* (*Pseudomonas florescence*) و *آزوسپیریلوم براسیلنس* (*Azospirillum brasilense*))، ۳ـ تلفیقی: (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار + ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار +۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)] و دو نوع کشت [۱- کشت خالص تریتیکاله، ۲- کشت مخلوط تریتیکاله/ نخود (۱:۱)] به‌عنوان عوامل فرعی بودند که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد، عملکرد و اجزای عملکرد به‌واسطه تنش آبی کاهش یافت. اما، این کاهش‌ها در شرایط کشت مخلوط نسبت به خالص کمتر بود. تنش آبی، عملکرد دانه را در همه سامانه‌های کودی کاهش داد؛ اما، این کاهش در تیمارهای مختلف متفاوت بود. بیشترین کاهش عملکرد در تیمار کود شیمیایی (۶۰/۴ درصد) و کمترین کاهش (۳۰/۷ درصد) در شرایط استفاده از کود زیستی-آلی مشاهده نسبت به آبیاری مطلوب شد. با توجه به کمترین کاهش عملکرد در تیمار کود زیستی-آلی و کشت مخلوط تریتیکاله و نخود در پاسخ به تنش آبی، استفاده از این تیمارها در شرایطی که احتمال وقوع تنش آبی پس از گلدهی بالا باشد، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپیریلوم*، *سودوموناس*، عملکرد دانه، کود تلفیقی

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود در بسیاری از مناطق جهان، وقوع و گستردگی دوره‌های خشکسالی افزایش خواهد یافت که فشار قابل‌توجهی را بر عملکرد محصولات کشاورزی ایجاد خواهد کرد (Zia *et al*., 2021) که این مسئله، محدودیت جدی را برای تولیدات مواد غذایی در بسیاری از مناطق جهان به‌وجود خواهد آورد (Liu *et al*., 2022).

کشور ایران نیز به‌دلیل قرار داشتن در کمربند خشک و نوار بیابانی، جزو مناطق کم‌بارش در جهان محسوب می‌شود (Bouzarjomehri *et al*., 2022) و تنش آبی همواره یکی از مشکلات جدی در کشاورزی بوده است. با توجه به این‌که تولیدات کشاورزی به منابع آب وابسته است، تنش آبی به‌طور مستقیم اثرات شدیدی بر آن وارد خواهد کرد (Cominelli & Tonelli, 2010).

تریتیکاله (*Triticosecale* Wittmack ×) حاصل تلاقی گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereals* L.) است که دارای ویژگی‌های مطلوب گندم (عملکرد و کیفیت بالا) و چاودار (مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی) می‌باشد (Mcgoverin *et al*., 2011; Wojcik-Gront & Studnick, 2021) و در حدود ۳/۵ میلیون هکتار در سراسر جهان

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

۲- استادیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: v.barati@shirazu.ac.ir

https://doi.org/10.22067/jcesc.2023.82040.1239

کشت می‌شود (Feledyn-Szewczyk *et al*., 2020). کشت مخلوط به کاشت دو یا چند گونه گیاهی در یک زمین مشخص و در یک فصل رشد گفته می‌شود که در سامانه‌های کشاورزی با منابع محدود و کم‌نهاده اهمیت دارد. حدودا ۱۶ تا ۲۲ درصد از تولیدات کشاورزی در جهان توسط سیستم‌های کشت مخلوط تامین می‌شود (Chamkhi *et al*., 2022). به‌منظور دستیابی به افزایش عملکرد بدون افزایش نهاده‌ها، یا ثبات بیشتر عملکرد با کاهش نهاده‌ها، کشت مخلوط می‌تواند یکی از راه‌های دست‌یابی به این امر مهم در کشاورزی پایدار در نظر گرفته شود (Brooker *et al*., 2015). در کشت مخلوط غلات و حبوبات، به دلیل تفاوت در عمق ریشه‌زایی، گسترش جانبی و تراکم ریشه گیاهان، رقابت برای آب و عناصر مورد نیاز کمتر شده (Babalola, 1980; Haynes, 1980)

و این موضوع منجر به استفاده کارآمدتر از این منابع می‌شود. علاوه بر این، حبوبات به‌دلیل توانایی در تثبیت نیتروژن اتمسفری (Ledgard & Steele, 1992) بخشی از نیاز غذایی خود و گیاه همزیستشان را فراهم می‌کنند. احمدوند و حاجی نیا (Ahmadvand & Hajinia, 2016) بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته سویا (.Glycine max L) و بیشترین تعداد خوشه در بوته ارزن (.Panicum miliaceum L) را در تیمار کشت مخلوط سویا و ارزن به‌دست آوردند.

در دهه‌های اخیر، کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، به‌ویژه کود نیتروژن، باعث آلودگی منابع آب و خاک شده است (Farahmand & Liaghat , 2011). کودهای زیستی حاوی میکروارگانیسم‌های زنده هستند که در ریشه سپهر (ریزوسفر) فعالیت می‌کنند و با ایجاد رابطه همزیستی، مواد غذایی مورد نیاز گیاه را تولید و در اختیار آن قرار می‌دهند (Bhattacharjee & Dey, 2014). کاربرد کودهای زیستی که توانایی تثبیت نیتروژن (باکتری *Azospirillum brasilense*) و حل‌کنندگی فسفات (باکتری *Pseudomonas florescence*) را دارند یک رویکرد امیدوارکننده برای تامین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه در خاک‌های کشاورزی و پیامدهای سازگار با محیط‌زیست است (Tien *et al*., 1979; Barea, 2015). از این‌رو، جایگزینی کودهای زیستی با شیمیایی، به دلیل کاهش اثرات نامطلوب ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی و توانایی در کاهش تنش‌های محیطی از جمله تنش آبی، به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در جهت رفع نیاز غذایی گیاهان و در راستای کشاورزی پایدار توصیه می‌شود (Nabati & Yousefi, 2019).

پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه نشان داده، تلقیح بذر گندم با باکتری *آزوسپیریلوم براسیلنس* باعث افزایش عملکرد دانه و اجزای عملکرد این گیاه شده است (Munareto *et al*., 2019; Diaz-Zorita & Fernandez-Canigia, 2009). همچنین گزارش‌های منتشرشده (Cassan & Diaz-Zorita, 2016) حاکی از آن است که، تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم براسیلنس* در شرایط تنش آبی، عملکرد دانه غلات زمستانه را (۱۴ درصد) و غلات تابستانه را (۹/۵ درصد) افزایش داده است. پژوهشگران دیگر نیز در مطالعات خود روی باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس* گزارش داده‌اند که تلقیح بذر گندم، عملکرد دانه را به میزان ۱۶ درصد (Naiman *et al*., 2009) و عملکرد دانه و شاخص برداشت برنج (*Oryza sativa* L.) را به‌ترتیب ۲۰ و ۱۶ درصد افزایش داد (De Salamone *et al*., 2012).

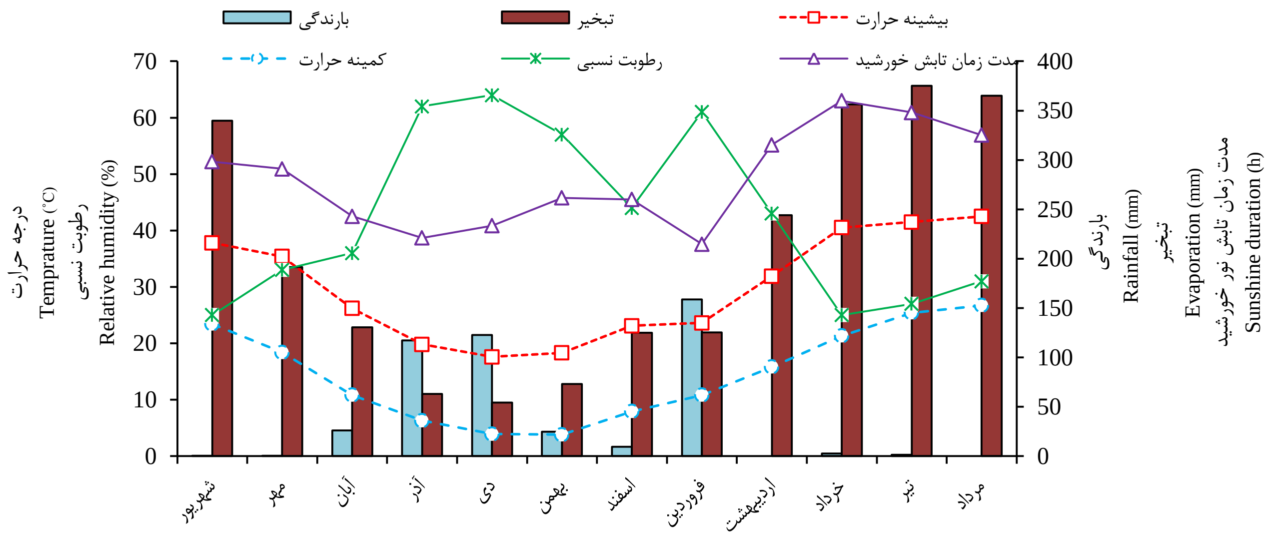
از مزایای کاربرد کود دامی می‌توان به داشتن همه عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاه و افزایش مواد آلی خاک اشاره کرد (Barker, 2016). استفاده از کود دامی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، انرژی مورد نیاز برای خاک‌ورزی و مقاومت در برابر جوانه‌زدن گیاه و نفوذ ریشه را کاهش می‌دهد (Risse *et al*., 2006). با کاربرد کود آلی (حیوانی) و باکتری‌های محرک رشد از جمله *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس* به همراه کود شیمیایی نیتروژن و فسفر، تغذیه متعادلی برای تریتیکاله فراهم شده و عناصر غذایی به‌طور آهسته‌تری در طول فصل در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. در پژوهشی بر روی جو (*Hordeum vulgare* L.) (Rezaei-Chiyaneh *et al*., 2019) بیشترین تعداد دانه در سنبله با کاربرد کود تلفیقی (۵۰ درصد کود شیمیایی NP+ کود زیستی ازتو بارور ۱ و فسفاته بارور ۲) حاصل شد. برخی دیگر از محققین (Tavakoli & Jalali, 2016) نیز بیشترین شاخص برداشت گندم را در تیمار کود تلفیقی (شیمیایی+ زیستی) به‌دست آوردند.

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سامانه‌های مختلف کودی (شیمیایی، زیستی–آلی و تلفیقی) در کشت خالص و کشت مخلوط تریتیکاله و نخود (*Cicer arietinum* L.)، در شرایط تنش آبی انتهای فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه تریتیکاله در شرایط گرم و خشک جنوب استان فارس (داراب) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب– دانشگاه شیراز (طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۱۸۰متری از سطح دریا) در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ اجرا شد. داراب با میانگین بارش بلند مدت سالیانه (۲۷ ساله، از سال ۱۳۷۳ تا سال ۱۴۰۰) ۲۶۴ میلی‌متر، دارای آب‌وهوای گرم و خشک می‌باشد. وضعیت آب و هوای منطقه داراب در سال زراعی ۱۳۹۹–۱۳۹۸ در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌منظور بررسی بافت خاک و عناصرغذایی موجود در آن، نمونه‌ای از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری

خاک مزرعه تهیه و به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب فرستاده شد. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- بارندگی، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنایی، میانگین کمینه و بیشینه‌ی دمای هوا و رطوبت نسبی ماهیانه در طول سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹

Figure 1- Monthly rainfall, pan evaporation (E), sunshine duration, mean minimum and maximum air temperatures (T_{min} and T_{max}, respectively), and relative humidity (RH) during 2019-2020 growing season

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm depth

ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount	ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount
شن Sand	%	38.23	نیتروژن کل Total N	%	0.09
سیلت Silt	%	45.10	پتاسیم قابل‌دسترس Available K	$mg.kg^{-1}$	340
رس Clay	%	16.67	فسفر قابل‌دسترس Available P	$mg.kg^{-1}$	10.67
کربن آلی O.C.	%	0.93	آهن قابل‌دسترس Available Fe	$mg.kg^{-1}$	6.01
ماده آلی O.M.	%	1.57	منگنز قابل‌دسترس Available Mn	$mg.kg^{-1}$	15.88
قابلیت هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	1.07	مس قابل‌دسترس Available Cu	$mg.kg^{-1}$	1.54
اسیدیته pH	---	7.49	روی قابل‌دسترس Available Zn	$mg.kg^{-1}$	0.63

تیمارها شامل دو سطح آبیاری [۱- مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک و ۲- تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله‌ی شیری] به‌عنوان عامل اصلی و عوامل فرعی شامل سه منبع کودی [۱- شیمیایی: کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر با توجه به آزمون خاک (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به‌صورت اوره و ۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار به‌صورت سوپرفسفات تریپل)، ۲- زیستی-آلی: کود گوسفندی کامل (۴۰ تن بر هکتار) + تلقیح با باکتری‌های سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas florescence*) و آزوسپیریلوم براسیلنس (*Azospirillum brasilense*) و ۳- تلفیقی: کود شیمیایی نیتروژن و فسفر به اندازه نصف نیاز گیاه (۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و ۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار) + کود گوسفندی به‌اندازه‌ی نصف نیاز گیاه

(۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار) + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*، و دو نوع سامانه کشت [۱ـ کشت خالص تریتیکاله، ۲ـ کشت مخلوط تریتیکاله- نخود (۱:۱)] بود که به‌صورت فاکتوریل در هر تکرار قرار گرفتند.

عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار و سپس دیسک، و بعد از آن کرت‌بندی در ابعاد ۲× ۳/۵ متر انجام شد. فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی و بین تکرارها دو متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۰/۵ متر بود. دو هفته قبل از کاشت کود گوسفندی به‌مقدار (۴۰ و ۲۰ تن بر هکتار) به زمین اضافه و با خاک مزرعه مخلوط و سپس آبیاری کرت‌ها به‌منظور پوسیدگی کودها انجام شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود حیوانی در جدول ۲ آمده است. با توجه به نتایج آزمون خاک مزرعه، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ و ۲۵ کیلوگرم فسفر برهکتار یک روز قبل از کاشت به‌صورت نواری زیر ردیف‌های کشت به زمین اضافه شد. بذر نخود (رقم محلی داراب) و بذر تریتیکاله (رقم هاشمی، رقم زودرس و مناسب برای کاشت در اراضی کم‌بازده) از موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه و بر روی ۶ خط کاشت به‌طول ۳ متر با فاصله ۲۵ سانتی‌متری به‌صورت کشت مخلوط ردیفی، کاشته شدند. باکتری‌های *آزوسپیریلوم* براسیلنس ($۱۰^۸$ سلول بر گرم) و *سودوموناس* فلورسنس ($۱۰^۸$ سلول بر گرم) نیز، از موسسه تحقیقات آب و خاک تهیه گردید.

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی کود گوسفندی مورد استفاده

Table 2- Physical and chemical characteristics of the sheep manure

ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount	ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount
کربن آلی O.C.	%	32.31	پتاسیم قابل دسترس Available K	$mg.kg^{-1}$	589
اسیدیته pH	-	7.97	مس قابل دسترس Available Cu	$mg.kg^{-1}$	49
قابلیت هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	8.21	منگنز قابل دسترس Available Mn	$mg.kg^{-1}$	212
نیتروژن کل Total N	%	1.51	روی قابل دسترس Available Zn	$mg.kg^{-1}$	99
فسفر قابل‌دسترس Available P	$mg.kg^{-1}$	25.43	آهن قابل دسترس Available Fe	$mg.kg^{-1}$	2714

قبل از عملیات کاشت، ضدعفونی بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد و پس از آن بذرها با آب مقطر سترون شستشو و خشک شدند. سپس، به مدت ۳۰ ثانیه بذرها در محلول شکر ۲۰ درصد قرار گرفتند تا تمام سطح بذر به‌صورت یکنواخت چسبناک شود. سپس، تلقیح بذرهای تریتیکاله و نخود در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. به این صورت‌که مایه تلقیح باکتری‌های *آزوسپیریلوم براسیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* (در ازای هر کیلوگرم بذر ۲۰ گرم از هر باکتری) به بذرهای چسبناک اضافه شده و بعد از ۴۵ ثانیه تکان دادن ظرف محتوی بذر و باکتری، بذرهای آغشته به مایه تلقیح روی ورقه آلمینیومی پهن شدند تا در سایه خشک شوند (Niazi Ardakani *et al*., 2020).

عملیات کاشت بذر بر اساس مقدار توصیه‌شده برای نخود (۴۰ بوته در مترمربع) و تریتیکاله (۲۰۰ بوته در مترمربع) در تاریخ ۸ دی ماه انجام و پس از آن آبیاری کرت‌ها به‌صورت یکنواخت صورت گرفت. در تیمار کود شیمیایی، کود نیتروژن در سه مرحله نموی تریتیکاله شامل سه برگچه‌ای (ZGS13) (Zadoks *et al*., 1974) پنجه‌زنی (ZGS23) و ساقه‌دهی (ZGS32) به‌مقدار مساوی به کرت‌ها اضافه و بعد از آن آبیاری انجام شد. همچنین، در تیمارهای کود زیستی-آلی و تلفیقی، علاوه بر تلقیح بذرها، باکتری *آزوسپیریلوم براسیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* در دو مرحله پنجه‌زنی (ZGS25) و ساقه‌دهی (ZGS34)، همراه با آب آبیاری به‌مقدار ۱۰ گرم از هر باکتری در هر کرت استفاده شد (Niazi Ardakani *et al*., 2020).

در کرت‌های آبیاری مطلوب، محتوای رطوبت خاک به‌روش وزنی اندازه‌گیری شد. به این منظور، نمونه‌برداری با مته از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک در فواصل ۳۰ سانتی‌متری انجام شد و بعد از وزن کردن آن‌ها، نمونه‌های خاک به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار گرفت تا خشک شود. با تفریق وزن خاک خشک (وزن پس از قرار دادن درآون) از وزن خاک مرطوب (وزن قبل از قرار دادن در آون)، رطوبت خاک به‌دست آمد، سپس زمانی‌که میانگین رطوبت خاک در نقاط اندازه‌گیری‌شده به کمتر از ۵۰ درصد رطوبت قابل‌دسترس رسید، آبیاری کرت‌ها انجام و رطوبت زمین در عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متری به ظرفیت زراعی مزرعه رسانده شد (Barati & Ghadiri, 2016).

مقدار آب مورد نیاز برای آبیاری کرت‌ها از طریق رابطه (۱) محاسبه و مقدار آب استفاده‌شده برای هر کرت از روش حجمی- زمانی (Grimes *et al*., 1987; Barati & Ghadiri, 2016)

اندازه‌گیری شد (زمان مورد نیاز برای آبیاری کرت‌ها با توجه به دبی آب خروجی از لوله‌های تعبیه‌شده برای آبیاری به‌دست آمد). در کرت‌های مربوط به تیمار تنش آبی، آبیاری تا مرحله‌ی شیری انجام شد.

$$D = \sum_{i=1}^{n} (\theta_{fci} - \theta_i)\, \Delta Z_i \quad (۱)$$

در رابطه (۱)، D: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، i: یک لایه، n: تعداد لایه‌های خاک، θ_{fci}: محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت زراعی مزرعه (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب)، θ_i: محتوای حجمی رطوبت خاک (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) در i مین لایه خاک، ΔZ_i: ضخامت هر لایه (میلی‌متر) می‌باشد.

عملیات برداشت، دو هفته بعد از مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک تریتیکاله (ZGS92) در تاریخ ۱۴ خرداد ماه، به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده انجام شد و ۱ ردیف به‌طول ۱ متر از وسط هر کرت، از سطح خاک بریده شد (۵۰ سانتی‌متر ابتدا و انتهای هر ردیف کاشت و دو ردیف کناری در هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شدند). به‌منظور یکسان بودن سطح برداشت در کشت مخلوط و کشت خالص برای هر دو گیاه، مساحتی مساوی در شرایط کشت خالص و مخلوط برداشت شد. بعد از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به‌منظور اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله، تعداد ۳۰ سنبله به‌طور تصادفی از وسط هر کرت از یک خط کاشت برداشت شد (با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای) و تعداد دانه‌های سنبله‌ها شمارش و میانگین‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری میانگین وزن دانه، ابتدا پنج بسته هزارتایی از بذرهای تریتیکاله وزن و سپس میانگین‌گیری انجام شد. سپس، بر اساس وزن هزار دانه (گرم)، میانگین وزن دانه (میلی‌گرم) محاسبه شد. تعداد پنجه بارور در واحد سطح از شمارش تعداد پنجه‌های بارور یک ردیف از وسط هر کرت به طول ۱ متر به‌دست آمد. شاخص برداشت تریتیکاله از طریق رابطه (۲) محاسبه شد.

$$HI = \left(\frac{GY}{BY}\right) \times 100 \quad (۲)$$

در این معادله، HI: شاخص برداشت، GY: عملکرد دانه و BY: عملکرد زیست توده می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، برهم‌کنش رژیم آبیاری و الگوی کاشت بر عملکرد دانه تریتیکاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش آبی سبب کاهش ۵۵/۳ و ۳۸/۲ درصدی عملکرد دانه تریتیکاله به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط، نسبت به آبیاری مطلوب شد (جدول ۴). در تیمار آبیاری مطلوب، عملکرد دانه تریتیکاله در کشت مخلوط (۷۰۴۵ کیلوگرم بر هکتار) به‌طور معنی‌دار و به‌میزان ۱۵/۶ درصد بیشتر از کشت آن به‌صورت خالص (۶۰۹۲ کیلوگرم بر هکتار) بود. در شرایط تنش آبی، الگویی مشابه با شرایط آبیاری مطلوب برای تریتیکاله وجود داشت. در این شرایط نیز بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله در تیمار کشت مخلوط (۴۳۵۲ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد که به‌طور معنی‌داری و به میزان ۵۹/۸ درصد بیشتر از کشت خالص تریتیکاله (۲۷۲۳ کیلوگرم بر هکتار) بود (جدول ۴).

با توجه به این‌که در هر دو شرایط آبیاری (مطلوب و تنش)، عملکرد تریتیکاله در تیمار کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر از کشت خالص بوده است، به‌نظر می‌رسد این امر به‌دلیل جوانه‌زنی سریع‌تر تریتیکاله نسبت به نخود بوده که سبب برتری رقابتی در مراحل ابتدایی زندگی تریتیکاله نسبت به نخود و غالبیت این گیاه در سایر مراحل رشد شده است. در این شرایط، تریتیکاله در استفاده از آب و عناصر غذایی خاک، از نخود پیشی گرفته و این اختلاف در رشد دو گیاه سبب تولید سطح برگ بیشتر، استفاده کارآمدتر از نورخورشید و فتوسنتز بیشتر و در نتیجه زیست‌توده و عملکرد بیشتر دانه تریتیکاله شده است.

همچنین در تایید این بحث، برخی از پژوهشگران (Bedoussac & Justes, 2011; Pelzer *et al*., 2014) اثبات کرده‌اند که کاهش رقابت درون گونه‌ای غلات در شرایط کشت مخلوط با حبوبات، در کنار برتری رقابتی غلات نسبت به حبوبات، سبب افزایش عملکرد غلات در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن شده است. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، اعمال تنش آبی عملکرد دانه تریتیکاله را کاهش داد. اما، این کاهش در کشت خالص (۵۵/۳ درصد) نسبت به کشت مخلوط (۳۸/۲ درصد) بیشتر بود (جدول ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط تنش آبی به‌دلیل افزایش سطح رقابت در مزرعه بر سر یک محدودیت جدی (کمبود آب) نسبت به شرایط مطلوب، کاهش عملکرد دانه را خواهیم داشت. اما، چون در کشت مخلوط تریتیکاله و نخود ریشه‌های تریتیکاله افشان و سطحی بوده و ریشه‌های نخود در عمق پروفیل خاک فرو می‌روند (Mazaheri, 1998)، عملا به دلیل جذب آب از دو عمق متفاوت سطح رقابت نسبت به کشت خالص کاهش یافته و این کاهش میزان رقابت سبب کاهش کمتر عملکرد دانه تریتیکاله به‌واسطه‌ی تنش آبی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شده است. براتی و همکاران (Barati *et al*., 2020) نیز در پژوهشی بر روی یونجه (*Medicago sativa* L.) و علف پشمکی (*Bromus tomentellus* Boiss) نشان دادند، علف پشمکی به‌دلیل داشتن ریشه‌های افشان از رطوبت موجود در سطح خاک استفاده می‌کند، اما یونجه به‌دلیل دارا بودن ریشه راست و

عمیق از رطوبت موجود در لایه‌های عمیق‌تر خاک استفاده می‌کند.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری، الگوی کاشت و سامانه کودی بر تعداد پنجه بارور در مترمربع، دانه در سنبله، وزن دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه تریتیکاله

Table 3- Analysis of variance for the effect of irrigation regime, cropping system, and fertilizer system on fertile tiller per square meter, grain per spike, grain weight, biological yield, harvest index, and grain yield of triticale

		میانگین مربعات Mean of squares					
منبع تغییرات S.O.V	**درجه آزادی df**	**تعداد پنجه بارور در متر مربع Fertile tiller No. m^{-2}**	**تعداد دانه در سنبله Grain No. spike^{-1}**	**وزن دانه Grain weight**	**عملکرد زیست‌توده Biological yield**	**شاخص برداشت Harvest index**	**عملکرد دانه Grain yield**
تکرار Replication	2	3221.30^{ns}	4.48^{ns}	2.26^{ns}	443357.2^{ns}	1.24^{ns}	23001^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (Ir)	1	67201.92^{ns}	343.88^{ns}	1073.87**	159359484.9**	1108.33*	82716296**
خطای (الف) Error (a)	2	6995.44	26.58	4.94	201700.5^{ns}	12.30^{ns}	252273^{ns}
الگوی کاشت Cropping system (Cs)	1	281.12^{ns}	184.50**	357.58**	47638524.3**	140.77**.	15000516**
سامانه کودی Fertilizer system (Fs)	2	19098.21*	203.17**	87.47**	5800635.6**	240.68**	5751212**
Ir × Cs	1	2869.38^{ns}	9.92^{ns}	64.80**	3681026*	57.08**	1029108*
Ir × Fs	2	5217.85^{ns}	25.62^{ns}	28.81**	6016786.2**	142.47**	5141185**
Cs × Fs	2	252.71^{ns}	1.84^{ns}	1.00^{ns}	2107136.5^{ns}	2.03^{ns}	247121^{ns}
Ir × Cs × Fs	2	607.47^{ns}	1.07^{ns}	1.00^{ns}	223248.3^{ns}	5.25^{ns}	116314^{ns}
خطای (ب) Error (b)	20	3744.69	10.18	4.50	895371.5	5.00	139990
ضریب تغییرات (درصد) CV$^{€}$ (%)		12.9	10.5	5.9	7.3	5.8	7.4

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد، ns: غیر معنی‌داری، €: ضریب تغییرات.

* and **: significant at the 5% and 1% probability levels respectively, ns: Non significant; €: Coefficient of variation.

جدول ٤- اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری و الگوی کاشت بر وزن دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه تریتیکاله

Table 4- Effect of Ir and Cs interaction on grain weight, biological yield, harvest index, and grain yield of triticale

Ir × Cs		**وزن دانه Grain weight (mg)**	**عملکرد زیست‌توده Biological yield (kg ha^{-1})**	**شاخص برداشت Harvest index (%)**	**عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})**
مطلوب Normal	کشت خالص Sole cropping	*39.52^{b}	14167^{b}	43.1^{a}	6092^{b}
	کشت مخلوط Inter cropping	43.14^{a}	15829^{a}	44.6^{a}	7045^{a}
تنش آبی Water stress	کشت خالص Sole cropping	25.91^{d}	9320^{d}	29.5^{c}	2723^{d}
	کشت مخلوط Inter cropping	34.90^{c}	12260^{c}	36.0^{b}	4352^{c}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using the LSD test.

بنابراین، دو گونه در استفاده از رطوبت خاک بـه‌دلیـل تفـاوت در گستردگی ریشه، به‌صورت مکمل عمل کرده و باعـث کـاهش کمتـر عملکرد دانه به‌واسطه‌ی تنش آبی در کشت مخلوط نسبت به خـالص می‌شوند.

برهم‌کنش رژیم آبیاری و سامانه کودی بر عملکرد دانه تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین و کمترین عملکرد دانه تریتیکاله به‌ترتیب در تیمار کود تلفیقی (۷۴۴۹ کیلوگرم بر هکتار) و زیستی-آلی (۵۲۸۷ کیلوگرم بر هکتار) به‌دست آمد. اما، در شرایط تنش آبی، بیشترین و کمترین عملکرد دانه تریتیکاله به‌ترتیب در تیمار کود تلفیقی (۴۱۹۰ کیلوگرم بر هکتار) و شیمیایی (۲۷۵۸ کیلوگرم برهکتار) به‌دست آمد (جدول ۵).

نیازی و همکاران (Niazi Ardakani *et al*., 2020) نیز در پژوهشی نتیجه گرفتند که در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی، بیشترین عملکرد جو در تیمار کود تلفیقی (تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* و کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن بر هکتار) مشاهده شد. از طرفی بررسی این برهم‌کنش نشان داد که تنش آبی منجر به کاهش ۶۰/۴، ۴۳/۷ و ۳۰/۷ درصدی عملکرد دانه تریتیکاله به‌ترتیب در تیمارهای شیمیایی، تلفیقی و زیستی-آلی نسبت به شرایط مطلوب رطوبتی شد.

جدول ۵- اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری و سامانه کودی بر وزن دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و عملکرد دانه تریتیکاله

Table 5- Effect of Ir and Fs interaction on grain weight, biological yield, harvest index, and grain yield of triticale

Ir × Fs		وزن دانه Grain weight (mg)	عملکرد زیست‌توده Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})
مطلوب Normal	شیمیایی £ Chemical	40.02^{a}	16196^{a}	43.0^{a}	6970^{b}
	تلفیقی ££ Integrated	41.81^{a}	17103^{a}	43.5^{a}	7449^{a}
	زیستی-آلی ¥ Bio-organic	42.16^{a}	11695^{b}	45.2^{a}	5287^{c}
تنش آبی Water stress	شیمیایی £ Chemical	25.58^{c}	11180^{b}	28.1^{d}	2758^{f}
	تلفیقی ££ Integrated	32.05^{b}	12068^{b}	34.4^{c}	4190^{d}
	زیستی-آلی ¥ Bio-organic	33.59^{b}	9123^{c}	37.8^{b}	3663e

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: کود شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن برهکتار)، ££: کود تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار +۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*) ، ¥: کود زیستی-آلی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using the LSD test. £: Chemical (50 kg P ha^{-1} and 150 kg N ha^{-1}), ££: Integrated (25 kg P ha^{-1}, 75 kg N ha^{-1} and 20 tons sheep manure ha^{-1} + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*), ¥: Bio-Organic (40 tons sheep manure ha^{-1} + inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*)

با توجه به کاهش کمتر عملکرد دانه به‌واسطه‌ی تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب در تیمار زیستی-آلی (۳۰/۷ درصد) (جدول ۵)، می‌توان نتیجه گرفت که حضور باکتری‌های *آزوسپیریلوم براسیلنس* و *سودوموناس فلورسنس* به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد در تیمار زیستی-آلی سبب تحریک رشد ریشه‌ها و بنابراین جذب بیشتر آب در شرایط تنش آبی و کاهش پیامدهای تنش آبی از جمله کاهش عملکرد دانه شده است. از طرفی وجود کود دامی در تیمار زیست-آلی به‌واسطه ایجاد تخلل بیشتر و در نتیجه ایجاد شرایط هوازی برای فعالیت این باکتری‌ها و همچنین به‌عنوان منبع کربوهیدرات برای تغذیه‌ی آن‌ها سبب افزایش اثرات مثبت باکتری‌ها در رشد ریشه‌ها شده است. علاوه بر این، کود دامی به‌عنوان ماده آلی سبب افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک شده و اثرات تنش آبی برای گیاه و باکتری‌ها را کاهش می‌دهد (Singh *et al*., 2011).

در مقابل، بیشترین کاهش عملکرد دانه (۶۰/۴ درصد) به‌واسطه‌ی تنش آبی، در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۵). کاهش بیشتر عملکرد در تیمار کود شیمیایی تحت تنش آبی را می‌توان به پدیده‌ی "Haying-off" نسبت داد (Van Herwaarden, 1996). چنین به نظر می‌رسد که در شرایطی که از کود شیمیایی به مقدار زیادی استفاده شود، به‌دلیل تولید بیشتر زیست‌توده و افزایش سطح برگ، میزان تعرق از سطح برگ افزایش یافته و نیمرخ خاک سریع‌تر از رطوبت تخلیه می‌شود، در این شرایط گیاه در انتهای فصل با تنش آبی شدیدتری مواجه می‌شود. در نتیجه فتوسنتز و عملکرد دانه کاهش پیدا می‌کند (Barati & Ghadiri, 2016). نتایج برخی دیگر از مطالعات روی تریتیکاله (Barati & Bijanzadeh, 2020) جو

(Niazi Ardakani *et al*., 2020)، گنـدم دوروم (Ercoli *et al*., 2008) و گندم نان (Garabet *et al*.,1998) نیز یافته‌هـای پـژوهش حاضر را تایید می‌کنند.

پنجه بارور

نتایج تجزیه واریـانس (جـدول ۳) نشـان داد، تعـداد پنجـه بـارور تریتیکاله در مترمربع در سطح احتمال پنج درصد تحت تـاثیر سـامانه کودی قرار گرفت. بیشترین تعداد پنجه بارور در مترمربـع مربـوط بـه سامانه کودی شیمیایی (۵۲۰/۵) و کمترین مقـدار آن در سـامانه‌هـای کود زیستی–آلی (۴۴۶/۳) مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با سـامانه تلفیقی نداشت. کود شیمیایی تعداد پنجه بارور در مترمربع را به میزان ۱۲/۱ و ۱۳/۶ درصد به‌ترتیب نسبت به سامانه‌های کود زیستی–آلی و تلفیقی افزایش داد (جدول ۶). با افزایش سطح کـود نیتـروژن، تعـداد پنجه‌های بارور در غـلات افـزایش پیـدا مـی‌کنـد (Emam, 2007).

پژوهش‌های دیگری نیز، دست‌یابی به بیشترین تعداد پنجـه بـارور در مترمربع گیاه یولاف (Neugschwandtner & Kaul, 2014)، گنـدم و جـو (Barati & Ghadiri, 2016) و تریتیکالـه (Barati & Bijanzadeh, 2020) را در بالاترین سطح مصرف کود نیتروژن تایید می‌کنند. در آزمایش حاضر، با توجه به این‌که کـود شـیمیایی، قابلیـت دسترسی سـریع‌تـر بـه نیتـروژن در مرحلـه‌ی پنجـه‌زنـی نسـبت بـه سامانه‌های زیستی–آلی و تلفیقی را ایجـاد مـی‌کنـد، سـبب تحریـک بیشتر تولید پنجه و در نتیجه تولید تعداد پنجه بارور بیشتری در واحـد سطح می‌شود. همچنین، حضور بیشتر نیتروژن در خاک مـرگ و میـر پنجـه‌هـا را کـاهش مـی‌دهـد (Emam, 2007). نیـازی اردکـانی و همکاران (Niazi Ardakani *et al*., 2020) در پژوهشـی مشـابه بـر روی جو، بیشترین تعداد پنجه را در تیمـار کـود شـیمیایی و کمتـرین تعداد را در تیمار کود زیستی به‌دست آوردند.

جدول ٦- اثر رژیم آبیاری، الگوی کاشت و سامانه کودی بر تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور در مترمربع

Table 6- Effect of irrigation regime, cropping system and fertilizer system on grain No. spike^{-1}, fertile tiller per square meter

تیمار Treatment	تعداد دانه در سنبله Grain No. spike^{-1}	تعداد پنجه بارور در متر مربع Fertile tiller No. m^{-2}
رژیم آبیاری Irrigation regime		
آبیاری مطلوب Normal irrigation	33.0^{a}	518.1^{a}
تنش آبی Water stress	27.8^{a}	431.7^{a}
الگوی کاشت Cropping system		
کشت خالص Sole cropping	28.1^{b}	477.7^{a}
کشت مخلوط Intercropping	32.6^{a}	472.1^{a}
سامانه کودی Fertilizer system		
شیمیایی£ Chemical	28.4^{b}	520.5^{a}
تلفیقی££ Integrated	35.2^{a}	458.0^{b}
زیستی–آلی¥ Bio-organic	27.7^{b}	446.3^{b}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند. £: کود شیمیایی (۵۰ کیلوگرم فسفر بر هکتار و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن برهکتار)،££: کود تلفیقی (۲۵ کیلوگرم فسفر بر هکتار، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار + ۲۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)، ¥: کود زیستی–آلی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار + تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*)

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using the LSD test. £: Chemical (50 kg P ha^{-1} and 150 kg N ha^{-1}), ££: Integrated (25 kg P ha^{-1}, 75 kg N ha^{-1} + 20 tons sheep manure ha^{-1} + inoculation with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*), ¥: Bio-Organic (40 tons sheep manure ha^{-1} + inoculated with *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum brasilense*)

دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر الگوی کاشـت بـر تعـداد

دانه در سنبله تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله تریتیکاله به‌ترتیب مربوط به الگوی کاشت مخلوط (۳۲/۶ عدد) و خالص (۲۸/۱ عدد) بود. تعداد دانه در سنبله در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط کاهش معنی‌دار به میزان ۱۵/۸ درصد داشت (جدول ۶). در پژوهش عبدالهی و همکاران (Abdolahi *et al.*, 2015) نیز بیشترین تعداد دانه در سنبله گندم، در کشت مخلوط با نخود به‌دست آمد. از آن‌جا که برخی از پژوهشگران (Bedoussac & Justes, 2011) کاهش سطح رقابت در کشت مخلوط را گزارش کرده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش سطح رقابت در آزمایش حاضر سبب افزایش توانایی تریتیکاله در استفاده از منابع محیطی و نیتروژن قابل‌دسترس شده که به‌نظر می‌رسد این موضوع باعث افزایش تعداد دانه در سنبله‌ی این گیاه شده است. در مطالعه مشابه نیازی اردکانی و همکاران (Niazi Ardakani *et al.*, 2020) نیز افزایش تعداد دانه در سنبله گیاه جو در پاسخ به دسترسی بیشتر به نیتروژن خاک را گزارش دادند.

تعداد دانه در سنبله تریتیکاله به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر سامانه کودی قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین تعداد دانه در سنبله (۳۵/۲ عدد) با کاربرد کود تلفیقی مشاهده شد که به‌طور معنی‌دار و به مقدار ۲۳/۹ درصد بیشتر از تیمار کود شیمیایی بود. اما، سامانه کود زیستی-آلی کمترین تعداد دانه در سنبله (۲۷/۷ عدد) را به خود اختصاص داد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کود شیمیایی نداشت (جدول ۶). واکنش مثبت تعداد دانه در سنبله به کاربرد کودهای حاوی نیتروژن را سایر پژوهشگران (Barati & Ghadiri, 2016) نیز گزارش کرده‌اند. در پژوهش‌های مشابه با آزمایش حاضر، بر روی گندم (Moradi *et al.*, 2016) و جو (Rezaei chianeh *et al.*, 2019) بیشترین تعداد دانه در سنبله با کاربرد کود تلفیقی (کود دامی و کود زیستی) و (۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر به‌علاوه کود زیستی ازتو بارور ۱ و فسفاته بارور ۲) حاصل شد.

وزن دانه

برهم‌کنش رژیم آبیاری و الگوی کاشت بر وزن دانه تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین وزن دانه (۴۳/۱۴ میلی‌گرم) در کشت مخلوط تریتیکاله و آبیاری مطلوب و کمترین مقدار آن (۲۵/۹۱ میلی‌گرم)، در شرایط تنش آبی و کشت خالص به‌دست آمد (جدول ۴). در این راستا، چاپاگین و ریسمن (Chapagain & Riseman, 2014) نیز بیشترین وزن دانه گندم را در کشت مخلوط با لوبیا به‌دست آوردند وزن دانه به شرایط محیطی و توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده در دوره پر شدن دانه بستگی دارد (Asadi & Khorramdel, 2014). در کشت مخلوط غلات و حبوبات، رقابت بین گونه‌ای برای استفاده از آب و عناصر غذایی خاک، نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای غلات در شرایط کشت خالص به‌دلیل عمق متفاوت ریشه‌ها کم‌تر است (Bedoussac & Justes, 2011). بنابراین، به‌علت فراهمی بیشتر آب و عناصر غذایی خاک سطح رقابت در مزرعه کاهش یافته و این موضوع سبب افزایش وزن دانه در کشت مخلوط نسبت به خالص در شرایط مطلوب رطوبتی (به میزان ۹/۲ درصد) و به‌ویژه در شرایط تنش آبی (به میزان ۳۴/۷ درصد) در آزمایش حاضر شده است (جدول ۴).

برهم‌کنش رژیم آبیاری و سامانه کودی در سطح احتمال یک درصد بر وزن دانه تریتیکاله معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن دانه در آبیاری مطلوب، در سامانه کود زیستی-آلی (۴۲/۱۶ میلی‌گرم) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار تلفیقی و کود شیمیایی نداشت. اما، به‌طور جزئی وزن دانه به‌ترتیب به مقدار ۵/۴ و ۰/۹ درصد بیشتر از تیمارهای شیمیایی و تلفیقی بود (جدول ۵). اما، کمترین مقدار وزن دانه در شرایط تنش آبی با کاربرد کود شیمیایی (۲۵/۵۸ میلی‌گرم) حاصل شد که به‌طور معنی‌دار و به مقدار ۲۳/۸ و ۲۰/۲ درصد کمتر از سامانه کودی زیستی-آلی و تلفیقی بود (جدول ۵). تنش آبی منجر به کاهش ۲۰/۳، ۲۳/۳ و ۳۶/۰ درصدی وزن دانه تریتیکاله به‌ترتیب در سامانه‌های کودی زیستی-آلی، تلفیقی و شیمیایی نسبت به آبیاری مطلوب شد. در پژوهش‌های انجام شده بر روی جو (Niazi Ardakani *et al.*, 2020; Barati *et al.*, 2015) نیز کمترین وزن دانه در شرایط تنش آبی و سطوح بالای کود شیمیایی نیتروژن گزارش شده است. کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن (مانند کاربرد تیمار شیمیایی در آزمایش حاضر)، منجر به افزایش شاخص سطح برگ شده و تخلیه محتوای رطوبت خاک را به دنبال دارد. در چنین شرایطی کمبود آب در مرحله پس از گلدهی (مانند آزمایش حاضر) سبب بروز تنش آبی شدید در گیاهان دریافت‌کننده کود بالای نیتروژن خواهد شد. این تنش تشدید شده، فتوسنتز و انتقال مجدد مواد پرورده را کاسته و باعث کاهش وزن بیشتر دانه می‌شود (Frederick & Camberato, 1994).

عملکرد زیست‌توده

برهم‌کنش رژیم آبیاری و الگوی کاشت بر عملکرد زیست‌توده تریتیکاله در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش آبی عملکرد زیست‌توده تریتیکاله در کشت خالص و کشت مخلوط را به‌ترتیب به مقدار ۳۴/۲ و ۲۲/۵ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد (جدول ۴). بیشترین عملکرد زیست‌توده تریتیکاله (۱۵۸۲۹ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار کشت مخلوط و آبیاری مطلوب و کمترین مقدار آن (۹۳۲۰ کیلوگرم بر هکتار) در کشت خالص تریتیکاله در شرایط تنش آبی مشاهده شد (جدول ۴). سوری و همکاران (Sori *et*

al., 2020) نیز، عملکرد بیشتر زیست‌توده تریتیکاله و باقلا را در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص مشاهده کردند. در آزمایش حاضر به‌نظر می‌رسد، به دلیل کاهش سطح رقابت در شرایط کشت مخلوط (رقابت بین‌گونه‌ای) نسبت به کشت خالص (رقابت درون‌گونه‌ای)، عملکرد تریتیکاله در کشت مخلوط نسبت به خالص در هر دو شرایط آبیاری افزایش یافته است.

برهم‌کنش رژیم آبیاری و سامانه کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده تریتیکاله معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد زیست‌توده (۱۷۱۰۳ کیلوگرم بر هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب و کاربرد کود تلفیقی و کمترین مقدار آن (۹۱۲۳ کیلوگرم بر هکتار) در سامانه کود زیستی–آلی در شرایط تنش آبی مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا، جمعی از پژوهشگران نیز در مطالعات‌شان بر روی ذرت (Shata *et al.*, 2007; Ghasemi *et al.*, 2016) گندم (Nasiri *et al.*, 2019) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (Izan *et al.*, 2020) بیشترین عملکرد زیست‌توده را در تیمار کود تلفیقی (شیمیایی+ زیستی) مشاهده کردند. در آزمایش حاضر، تنش آبی منجر به کاهش ۱۷/۷، ۲۹/۴ و ۴۰/۴ درصدی عملکرد زیست‌توده تریتیکاله نسبت به آبیاری مطلوب، به‌ترتیب در سامانه‌های کودی زیستی–آلی، تلفیقی و شیمیایی شد (جدول ۵).

شاخص برداشت

برهم‌کنش رژیم آبیاری و الگوی کاشت بر شاخص برداشت تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت تریتیکاله (۴۴/۶ درصد)، در شرایط آبیاری مطلوب و کشت مخلوط به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کشت خالص تریتیکاله (۴۳/۱ درصد) نداشت. کمترین میزان شاخص برداشت نیز در تیمار کشت خالص تریتیکاله تحت تنش آبی (۲۹/۵ درصد) به‌دست آمد (جدول ۴). در پژوهشی بر روی کشت مخلوط جو و نخود، بیشترین شاخص برداشت جو در کشت خالص با آبیاری مطلوب به‌دست آمد (Neugschwandtner & Kaul, 2014). تنش آبی، شاخص برداشت تریتیکاله را در هر دو الگوی کاشت کاهش داد، اما این کاهش متفاوت بود. بیشترین کاهش شاخص برداشت در تیمار کشت خالص (۳۱/۵ درصد) و کمترین میزان کاهش در تیمار کشت مخلوط (۱۹/۲ درصد) مشاهده شد (جدول ۴).

برهم‌کنش رژیم آبیاری و سامانه کودی بر شاخص برداشت تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طور کلی، کاربرد نیتروژن به‌صورت کود شیمیایی سبب کاهش شاخص برداشت نسبت به سایر تیمارهای کودی در شرایط مطلوب و تنش آبی شد که این کاهش در شرایط تنش آبی معنی‌دار بود (جدول ۵). پژوهشگران دیگری (Sieling *et al.*, 1998) نیز گزارش داده‌اند که کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن (مانند تیمار شیمیایی در آزمایش حاضر) پنجه‌زنی تریتیکاله را افزایش می‌دهد. اما، این پنجه‌ها تعداد دانه کمتری نسبت به ساقه اصلی تولید می‌کنند که این موضوع در نهایت باعث کاهش شاخص برداشت تریتیکاله می‌شود. در این مورد، ون هروواردن (Van Herwaarden, 1996) استفاده از ارقامی که پنجه‌زنی کمتری دارند را پیشنهاد کرده است. در پژوهش حاضر، بیشترین شاخص برداشت تریتیکاله، تحت رژیم آبیاری مطلوب و کود زیستی–آلی به مقدار ۴۵/۲ درصد به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی در شرایط مطلوب رطوبتی نداشت. کمترین مقدار آن نیز در شرایط تنش آبی و کود شیمیایی به مقدار ۲۸/۱ درصد مشاهده شد (جدول ۵). جمعی از پژوهشگران بیشترین شاخص برداشت گندم (Bahari saravi & Pirdashti, 2013) و ذرت (Tarang *et al.*, 2013) را با کاربرد کود زیستی نیتروکسین و برخی دیگر از محققین (Tavakoli & Jalali, 2016; Nasiri *et al.*, 2019) نیز بیشترین شاخص برداشت گندم را با کاربرد کود تلفیقی (شیمیایی و زیستی) به‌دست آوردند. در پژوهش حاضر، تنش آبی شاخص برداشت را در تیمارهای زیستی–آلی، تلفیقی و شیمیایی به‌ترتیب به‌مقدار ۳۴/۶، ۲۰/۹ و ۱۶/۳ درصد نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد. در همین راستا و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش براتی و غدیری (Barati & Ghadiri, 2016) نیز شاخص برداشت گیاه جو در شرایط کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن کاهش بیشتری را به‌واسطه‌ی تنش آبی نسبت به کاربرد مقادیر کمتر نیتروژن نشان داد. کاربرد بیش از حد کود نیتروژن، منجر به رشد سریع و تولید زیاد زیست‌توده غلات می‌شود و در صورتی‌که غلات با تنش آبی پس از گل‌دهی مواجه شوند، ممکن است در معرض خطر پدیده "Haying-off" قرار گیرند. این پدیده به رسیدن زودهنگام و پرشدن دانه غلات به‌صورت ناقص، در شرایطی که از سطوح بالای کود نیتروژن استفاده شده و پس از آن گیاه با تنش آبی انتهای فصل (مانند آزمایش حاضر) روبه‌رو شود، گفته می‌شود (Van Herwaarden *et al.*, 1998). در چنین شرایطی، گیاه غله زیست‌توده‌ی زیادی تولید کرده، اما، به دلیل مواجه با تنش آبی، دانه‌ها شکل نمی‌گیرند و یا وزن هزار دانه کاهش شدید می‌یابد و این امر منجر به کاهش شاخص برداشت خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تنش آبی منجر به کاهش عملکرد دانه تریتیکاله و اجزایی از عملکرد که در مرحله تنش آبی تشکیل شده بودند، شد. می‌توان نتیجه گرفت که کشت تریتیکاله و نخود به‌صورت مخلوط و همچنین، کاربرد کود زیستی–آلی (۴۰ تن کود گوسفندی بر هکتار و تلقیح با باکتری‌های *سودوموناس فلورسنس* و *آزوسپیریلوم براسیلنس*) در مناطق گرم و خشک جنوب کشور که با

تنش آبی انتهای فصل مواجه هستند، منجر به کاهش اثرات تنش آبی و بنابراین کاهش کمتر عملکرد دانه تریتیکاله می‌شود.

References

1. Abdolahi, A., Dabbagh Mohammadinasab, A., & Nasrolahzadeh, S. (2015) Investigation of yield and some traits of wheat and weeds in intercropping with chickpea under nitrogen management in rainfed condition. *Cereal Research*, *5* (3), 247-259. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22520163.1394.5.3.4.9
2. Ahmadvand, G., & Hajinia, S. (2016). Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of Soybean (*Glycine max* L.) and Millet (*Panicum miliaceum* L.). *Journal of Agroecology*, *7*(4), 485-498.
3. Asadi, Gh. A., and Khorramdel, S. (2014). Ratio effects of barley intercropped with hairy vetch on plant nitrogen content, population and diversity of weeds and yield. *Gorgan university agriculture science and natural resources*, *7*(1), 131-156. (In Persian with English abstract). https://dorl.net/dor/20.1001.1.2008739.1393.7.1.8.1
4. Babalola, O. (1980). Water relations of three cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* L.). *Plant and Soil*, *56*(1): 59-69. https://doi.org/10.1007/bf02197953
5. Bahari Saravi, S. H., & Pirdashti, H. A. (2013). Evaluation of application of plant growth promoting bacteria (PGPR) and phosphate solvent (PSM) on yield and yield components of wheat (cultivar N80) at different levels of nitrogen and phosphorus in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *10*(4), 681-689. (In Persian).
6. Barati, S., Basiri, M., Vahabi, M. R., & Mosadeghi, M. R. (2020). Effects of plant density and drought stress on Alfalfa Leaf Water potential (*Medicago sativa* L.) and Flesh Grass (*Bromus tomentellus* Boiss) and Soil weight moisture in sole cropping and intercropping. *Range Land*, *13*(1), 65-75. http://dorl.net/dor/20.1001.1.20080891.1398.13.1.6.7
7. Barati, V., & Bijanzadeh, E. (2020). Grain Yield and its Components of triticale as affected by Silicon Foliar Application, Nitrogen Fertilizer and Water Stress in Reproductive Phase. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*(4), 435-449. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2020.88386
8. Barati, V., & Ghadiri, H. (2016). Effects of Drought Stress and Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components and Grain Protein Content of Two Barley Cultivars. *Journal of Crop Production and Processing*, *6*(20), 191-207. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.20.191
9. Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, S., & Karimian, N. (2015). Nitrogen and water use efficiencies and yieldresponse of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid mediterranean climate. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(1), 15-32. https://doi.org/10.1080/03650340.2014.921286
10. Barea, J. M. (2015). Future challenges and perspectives for applying microbial biotechnology in sustainable agriculture based on a better understanding of plant-micro biome interactions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *15*(2), 261-282. https://doi.org/10.4067/s0718-95162015005000021
11. Barker, A. V. (2016). *Science and Technology of Organic Farming*. Emam Reza University, Mashhad, Iran. (In Persian).
12. Bedoussac, L., & Justes, E. (2011). Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. *Plant and Soil*, *330*(1), 37-54. https://doi.org/10.1007/s11104-010-0303-8
13. Bhattacharjee, R., & Dey, U. (2014). Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. *African Journal of Microbiology Research*, *8*(24), 2332-2343. https://doi.org/10.5897/ajmr2013.6374
14. Bouzarjomehri, K., Khatami, S. S., Zarrin, A., & Falsolayman, M. (2022). Analysis of water resources management studies in Iran and the world. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, *11*(2). (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73891.1136
15. Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., Daniell, T. J., George, T. S., Hallett, P. D., Hawes, C., Iannetta, P. P., Jones, H. G., Karley, A. J., & Li, L. (2015). Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy. *New Phytologist*, *206*(1), 107-117. https://doi.org/10.1111/nph.13132
16. Cassan, F., & Diaz-Zorita, M. (2016). Azospirillum sp. in current agriculture: from the laboratory to the field. *Soil Biology and Biochemistry*, *103*, 117-130. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.08.020
17. Chamkhi, I., Cheto, S., Geistlinger, J., Zeroual, Y., Kouisni, L., Bargaz, A., & Ghoulam, C. (2022). Legume-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. *Industrial Crops and Products*, *183*, 114958. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114958
18. Chapagain, T., & Riseman, A. (2014). Intercropping wheat and beans: effects on agronomic performance and land productivity. *Crop Science*, *54*(5), 2285-2293. https://doi.org/10.2135/cropsci2013.12.0834
19. Cominelli, E., & Tonelli, C. (2010). Transgenic crops coping with water scarcity. *New Biotechnology*, *27*(5), 473-477. https://doi.org/10.1016/j.nbt.2010.08.005
20. Diaz-Zorita, M., & Fernandez-Canigia, M. V. (2009). Field performance of a liquid formulation of Azospirillum brasilense on dryland wheat productivity. *European Journal of Soil Biology*, *45*(1), 3-11. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.07.001

21. Emam, Y. (2007). *Cereal production*. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian).
22. Ercoli, L., Lulli, L., Mariotti, M., Masoni, A., & Arduini, I. (2008). Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. *European Journal of Agronomy*, 28: 138-147. https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.06.002
23. Farahmand, A., & Liaghat, A. (2010). Evaluation of soil nitrate contamination due to irrigation water and nitrogen fertilizer. *Water Resources Engineering*, *4*(10), 85-92. (In Persian).
24. Feledyn-Szewczyk, B., Nakielska, M., Jonczyk, K., Berbec, A. K., & Kopinski, J. (2020). Assessment of the suitability of 10 winter triticale cultivars (× Triticosecale Wittmac) for organic agriculture: Polish case study. *Agronomy*, *10*, 1144. https://doi.org/10.3390/agronomy10081144
25. Frederick, J. R., & Camberato, J. J. (1994). Leaf net CO_2-exchange rate and associated leaf traits of winter wheat grown with various spring nitrogen fertilization rates. *Crop Science*, *34*, 432-439. https://doi.org/10.2135/cropsci1994.0011183x003400020024x
26. Garabet, S., Wood, M., & Ryan, J. (1998). Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean type climate. I. Growth, water-use and nitrogen accumulation. *Field Crops Research*, *57*, 309-318. https://doi.org/10.1016/s0378-4290(98)00075-6
27. Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B. A., & Fanaie, H. R. (2016). Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements. *Journal of Agroecology*, *7*(4), 499-512.
28. Grimes, D. W., Yamada, H., & Hughes, S. W. (1987). Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, *12*(4), 293-304. https://doi.org/10.1016/0378-3774(87)90004-7
29. Haynes, R. J. (1980). Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy*, *33*, 227-261. https://doi.org/10.1016/s0065-2113(08)60168-6
30. Izan, T., Javanmard, A., Shekari, F., & Abbasi, A. (2020). Evaluation of Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Sunflower with Integrative Application of Biological, Chemical, and Organic Fertilizers under Different Irrigation Levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(3), 87-111. (In Persian with English abstract).
31. Ledgard, S. F., & Steele, K. W. (1992). Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil*, *141*(1), 137-153. https://doi.org/10.1007/bf00011314
32. Liu, X., Liu, W., Tang, Q., Liu, B., Wada, Y., & Yang, H. (2022). Global agricultural water scarcity assessment incorporating blue and green water availability under future climate change. *Earth's Future*, *10*, e2021EF002567. https://doi.org/10.1029/2021ef002567
33. Mazaheri, D. (1998). *Intercropping*. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian).
34. Mcgoverin, C. M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., & Manley, M. (2011). A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*, 1155-1165. https://doi.org/10.1002/jsfa.4338
35. Moradi, M., Soleymanifard, A., Naseri, R., Ghasemi, M., & Abromand, K. (2016). The changes of agronomic traits and harvest index of wheat under the effect of manure and plant growth promotion bacteria at different levels of nitrogen. *Crop Physiology Journal*, *7*(28), 73-90. (In Persian).
36. Munareto, J. D., Martin, T. N., Fipke, G. M., Cunha, V. D. S., & Rosa, G. B. D. (2019). Nitrogen management alternatives using *Azospirillum brasilense* in wheat. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *54*, e00276. https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00276
37. Nabati, J., & Yousefi, A. (2019). *Biological fertilizers approach for ecological compression*. First Conference on Basic Research in Agricultural and Environmental Sciences. (In Persian with English abstract).
38. Naiman, A. D., Latronico, A., & de Salamone, I. E. G. (2009). Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: impact on the production and culturable rhizosphere microflora. *European Journal of Soil Biology*, *45*(1), 44-51. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2008.11.001
39. Nasiri, Y., Musavi Zadeh, S. A., & Asadi, M. (2019). Effect of application of livestock, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and some morphological characteristics of wheat. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *30*(1), 313-328. (In Persian).
40. Neugschwandtner, R. W., & Kaul, H. P. (2014). Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. *Field Crops Research*, *155*, 159-163. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.010
41. Niazi Ardakani, M., Barati, V., Bijanzadeh, E., & Behpouri, A. (2020). Effects of different nitrogen fertilizer sources and crop residues on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under late season water stress. *Journal of Agroecology*, *12*(1), 107-126. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v12i1.79989
42. Pelzer, E., Hombert, N., Jeuffroy, M. H., & Makowski, D. (2014). Meta-analysis of the effect of nitrogen fertilization on annual cereal-legume intercrop production. *Agronomy Journal*, *106*(5), 1775-1786. https://doi.org/10.2134/agronj13.0590

43. Rezaei-Chiyaneh, E., Rasouli, Y., Jalilian, J., & Ghodsi, M. (2019). Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condition. *Agroecology*, *11*(1). (In Persian with English abstract).
44. Risse, L.M., Cabrera, M. L., Franzluebbers, A. J., Gaskin, J. W., Gilley, J. E., Killorn, R., Radcliffe, D. E., Tollner, W. E., & Zhang, H. (2006). Land application of manure for beneficial reuse. *Biological Systems Engineering: Papers and Publications*, 283-316.
45. Shata, S. M., Mahmoud, A., & Siam, S. (2007). Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, *3*(6), 733-739.
46. Sieling, K., Schroder, H., Finck, M., & Hanus, H. (1998). Yield, N uptake and apparent N use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. *The Journal of Agricultural Science*, *131*, 375-387. https://doi.org/10.1017/s0021859698005838
47. Singh, J. S., Pandey, V. C., and Singh, D. P. (2011). Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainableagriculture and environmental development. *Agriculture, ecosystems and environment*, *140*(3-4), 339-353.
48. Sori, S., Amirnia, R., Rezaei-Chiyaneh, E., and Sheikh, F. (2020). Evaluation of Yield and Yield Components of Different Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Intercropping with Triticale (*Tritico secale*). *Journal of Agroecology*, *12*(1), 143-159. https://doi.org/10.22067/jag.v12i1.81918
49. Tarang, E., Ramroudi, M., Galavi, M., Dahmardeh, M., & Mohajeri, F. (2013). Evaluation grain yield and quality of corn (Maxima CV) in responses to Nitroxin bioferilizer and chemical fertilizers. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *5*, 683-687.
50. Tavakoli, M., & Jalali, A. H. (2016). Effect of different bio fertilizers and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of wheat. *Journal of Crop Production and Processing*, *6*(21), 34-45. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.21.34
51. Tien, T. M., Gaskins, M. H., & Hubbell, D. (1979). Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Applied and Environmental Microbiology*, *37*(5): 1016-1024. https://doi.org/10.1128/aem.37.5.1016-1024.1979
52. Van Herwaarden, A. F. (1996). *Haying-off in wheat, enduring myth or current problem*. In Proceedings of the 8th Australian Agronomy Conf. CSIRO. ASA, Australia.
53. Van Herwaarden, A. F., Farquhar, G. D., Angus, J. F., Richards, R. A., & Howe, G. N. (1998). Haying-off, the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer I. Biomass, grain yield, and water use. *Australian Journal of Agricultural Research*, 49, 1067-1081. https://doi.org/10.1071/a97039
54. Wojcik-Gront, E., & Studnicki, M. (2021). Long-term yield variability of triticale (× *Triticosecale* wittmack) tested using a cart model. *Agriculture*, *11*, 92. https://doi.org/10.3390/agriculture11020092
55. Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x
56. Zia, R., Nawaz, M. S., Siddique, M. J., Hakim, S., & Imran, A. (2021). Plant survival under drought stress: Implications, adaptive responses, and integrated rhizosphere management strategy for stress mitigation. *Microbiological Research*, *242*, 126626. https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126626